

## Στόχοι Κεφαλαίου

Η γνωριμία με τους πρωτοπόρους και σκαπανείς της Εργοφυσιολογίας, τις ιδέες και το έργο τους, αποτελεί πηγή έμπνευσης για τους νεότερους πυρφόρους της επιστήμης και δρομοδείκτη στις επιστημονικές τους αναζητήσεις. Απώτερος στόχος του εισαγωγικού αυτού Κεφαλαίου είναι να δώσει μια συνοπτική ερμηνεία της εξέλιξης της Εργοφυσιολογίας και να μεταδώσει μια ιστορική αίσθηση της πορείας της, έτσι ώστε να ξέρουμε από που ξεκινήσαμε, που βρισκόμαστε και που πηγαίνουμε. Περιδιαβάζοντας θα κατανοήσετε ότι:

- Η Εργοφυσιολογία μελετά τις βιολογικές προσαρμογές κατά την άσκηση και αποβλέπει στη βελτίωση της υγείας, της ευρωστίας και της απόδοσης του ανθρώπου.
- Οι ρίζες της Εργοφυσιολογίας βρίσκονται στην αρχαία Ελλάδα.
- Οι Ιπποκρατικές και Αριστοτελικές αντιλήψεις για την επίδραση της άσκησης στην υγεία και στην ευρωστία διατηρούν, μέχρι σήμερα, την πρωτοτυπία τους.
- Οι αντιλήψεις του Γαλινού για τη λειτουργία του ανθρώπινου σώματος και την επίδραση της άσκησης σε αυτό, με ενσωματωμένη την Ιπποκρατική σοφία, αποτέλεσαν παράδοση που κυριάρχησε για 15 αιώνες.
- Η καρτεσιανή σκέψη που πυροδότησε την επιστημονική επανάσταση κατά την Αναγέννηση και σηματοδότησε τη ραγδαία ανάπτυξη της σύγχρονης επιστήμης, επηρέασε και την εξέλιξη της Εργοφυσιολογίας.
- Η ανακάλυψη του William Harvey για την κυκλοφορία του αίματος και του Antoine Lavoisier για το ρόλο του οξυγόνου στις καύσεις προετοίμασαν το έδαφος για τη θεμελίωση της Εργοφυσιολογίας.
- Η ενηλικίωση της Εργοφυσιολογίας γίνεται στις αρχές του 20<sup>ου</sup> αιώνα με τις πρωτοποριακές έρευνες για τη μυϊκή λειτουργία και τη μεταφορά οξυγόνου κατά την άσκηση.
- Τα Πανεπιστήμια αποτέλεσαν εστίες εργοφυσιολογικής έρευνας και μορφοποίησης της Εργοφυσιολογίας.
- Η εμφάνιση της Εργοφυσιολογίας στην Ελλάδα σηματοδοτήθηκε με τη δημιουργία του Εργομετρικού Κέντρου Αθλητικών Ερευνών.

## Περιεχόμενα

Τι είναι Εργοφυσιολογία  
Αθλητική απόδοση  
Υγεία και Ευρωστία  
Βιολογικές προσαρμογές  
Εφαρμοσμένη Εργοφυσιολογία

Απαρχές της Εργοφυσιολογίας  
Δοξασίες του Ιπποκράτη  
Δοξασίες του Αριστοτέλη  
Δοξασίες του Γαληνού

Πρόδρομες ανακαλύψεις  
Η ανακάλυψη του Harvey:  
Κυκλοφορία του αίματος  
Η ανακάλυψη του Lavoisier:  
Καύση του οξυγόνου

Ενηλικίωση της Εργοφυσιολογίας  
Επιστημονικά όργανα  
Επιστημονική βιβλιογραφία  
Archibald Vivian Hill:  
Μυϊκή λειτουργία  
August Krogh:  
Μεταφορά οξυγόνου

Εστίες έρευνας  
Εργαστήριο κόπωσης του Harvard  
Εργαστήριο Εργοφυσιολογίας  
του Springfield  
Τρίτη γενιά εργοφυσιολόγων



Το λυκαυγές της Εργοφυσιολογίας  
στην Ελλάδα  
Εργομετρικό Κέντρο  
Αθλητικών Ερευνών  
Εργαστήρια Εργοφυσιολογίας

Ανακεφαλαίωση

Βιβλιογραφικές πηγές

## Τι είναι Εργοφυσιολογία

*Η Εργοφυσιολογία έχει ως αντικείμενο τη μελέτη των βιολογικών προσαρμογών, που προκαλεί το μυϊκό έργο και κατ' επέκταση τη μεγιστοποίηση της απόδοσης του ανθρώπινου οργανισμού.*

Αντίθετα με τη Φυσιολογία, που εξετάζει τις διάφορες λειτουργίες του οργανισμού στην κατάσταση ηρεμίας, η Εργοφυσιολογία διερευνά αφενός πως λειτουργεί και προσαρμόζεται το σώμα κατά τη μυϊκή προσπάθεια, και αφετέρου πως επιδρά η άσκηση στην υγεία, στην ευρωστία και στην απόδοση του ανθρώπου.

Ένας από τους σημαντικότερους σκαπανείς της Εργοφυσιολογίας, ερμηνεύει την ευρύτητα του πεδίου της και τη σπουδαιότητά της ως εξής (Asmussen 1965):

«Η Εργοφυσιολογία μπορεί να θεωρηθεί ως μια καθαρά περιγραφική επιστήμη: μετράει ως ποιο βαθμό μπορεί ο ανθρώπινος οργανισμός να προσαρμοστεί στις πιέσεις και εντάσεις του περιβάλλοντος και προσφέρει γνώση σχετικά με τη δυνατότητα παραγωγής έργου του ανθρώπου και τους περιορισμούς του. Γνώση που θα φανεί χρήσιμη στους αθλητές, προπονητές, φυσικοθεραπευτές, εργονομικούς μηχανικούς και γενικά στους αθλητικούς επιστήμονες.

Η Εργοφυσιολογία είναι όμως επίσης μέρος της γενικής βιολογικής επιστήμης, της Φυσιολογίας, η οποία επιδιώκει να εξηγήσει το πώς λειτουργεί ο ανθρώπινος οργανισμός βασιζόμενη στους χημικούς και φυσικούς νόμους που διέπουν τον άψυχο κόσμο. Ο σημαντικός ρόλος της μυϊκής άσκησης στη Φυσιολογία έγκειται στο γεγονός ότι θέτει υπό δοκιμασία τις λειτουργίες στο έπακρον σε σύγκριση με οποιαδήποτε άλλη συνθήκη. Το αναπνευστικό, κυκλοφορικό και το θερμορρυθμιστικό αδρανούν σε κατάσταση ηρεμίας. Παρακολουθώντας πώς τα παραπάνω συστήματα λειτουργούν σε διαφορετικές φάσεις αυξανόμενων εντάσεων έργου, μπορεί επίσης να επιτευχθεί μια καλύτερη κατανόηση της κατάστασης ηρεμίας.

Αν και η Εργοφυσιολογία πρέπει πρώτα απ' όλα να μελετάται σε υγιή άτομα, η γνώση που αποκτούμε για το πως ανταποκρίνεται ο οργανισμός στις καταπονήσεις της άσκησης βοηθάει να κατανοήσουμε πως ο οργανισμός αντιδράει στην ασθένεια και πως προσπαθεί να ελαχιστοποιήσει την επίδραση της με το να κινητοποιεί τους ρυθμιστικούς του μηχανισμούς».

Για να κατανοήσουμε καλύτερα το περιεχόμενο της Εργοφυσιολογίας θα αναφερθούμε συνοπτικά στις ακόλουθες γνωστικές περιοχές, που αποτελούν αντικείμενο συστηματικής διερεύνησης της Εργοφυσιολογίας:

- Αθλητική απόδοση

- Υγεία και ευρωστία
- Βιολογικές προσαρμογές

## Αθλητική απόδοση

Οι αθλητικές επιδόσεις αντικατοπτρίζουν το ανώτατο όριο των βιολογικών ορίων και προσαρμογών του ανθρώπινου σώματος. Από τη σχέση μεταξύ δρομικής ταχύτητας και απόστασης (Εικόνα 1), προκύπτει πλήθος αποριών που, αν διατυπωθούν σε ερωτηματική μορφή, δείχνουν με ενάργεια το εύρος του γνωστικού αντικείμενου της Εργοφυσιολογίας.

Ποιοι είναι οι βιολογικοί παράγοντες που προσδιορίζουν το ανώτατο όριο της ταχύτητας;

- Είναι ίδιοι οι παράγοντες αυτοί για δρόμους μικρής, μέσης και μεγάλης διάρκειας;
- Τι προκαλεί την κόπωση και την εξάντληση στους αντίστοιχους δρόμους;
- Είναι ίδια η καματογόνος αιτία σ' ένα δρόμο ταχύτητας και σ' ένα δρόμο αντοχής;

Ποιες λειτουργικές προσαρμογές συνοδεύουν τη μυϊκή προσπάθεια στις διάφορες δρομικές αποστάσεις;

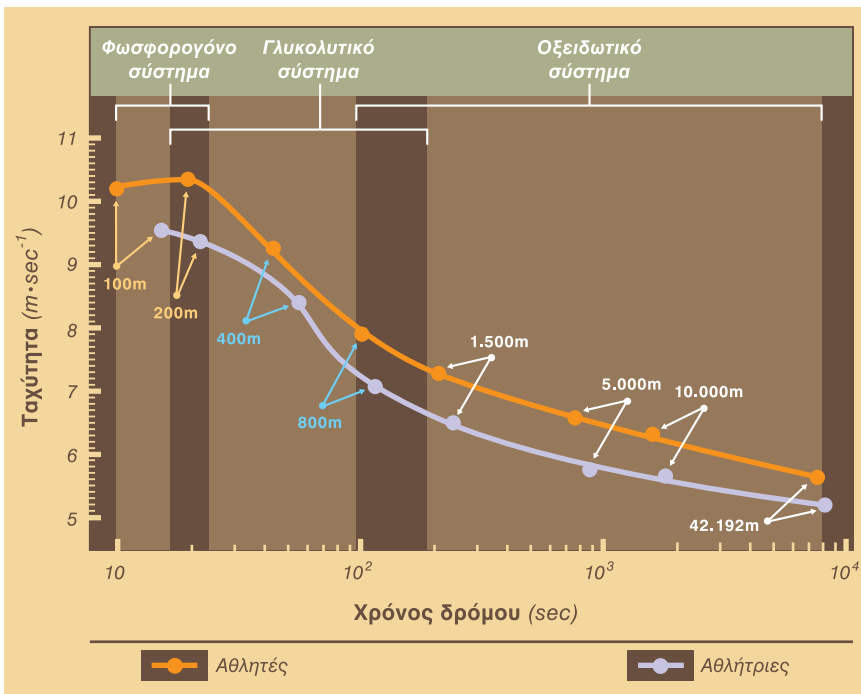
- Ποιοι φυσιολογικοί μηχανισμοί ευθύνονται για τις ενεργειακές, νευρομυϊκές, αναπνευστικές και καρδιαγγειακές προσαρμογές;
- Πώς επηρεάζονται οι προσαρμογές αυτές από περιβαλλοντικούς παράγοντες, όπως το υψόμετρο και η θερμοκρασία;
- Πώς επηρεάζονται οι προσαρμογές αυτές από το φύλο και την ηλικία του ατόμου;

Σε ποιο βαθμό οι ατομικές διαφορές στην αθλητική απόδοση προσδιορίζονται από τον γονότυπο του ατόμου και σε ποιο βαθμό από την προπόνηση;

- Ποιες φυσιολογικές αρχές διέπουν την αθλητική προπόνηση;
- Πώς βελτιστοποιούνται τα προπονητικά ερεθίσματα (ένταση, διάρκεια, συχνότητα, είδος) στα διάφορα αγωνίσματα;
- Γιατί η ανταπόκριση του οργανισμού στα ίδια ερεθίσματα δεν είναι ίδια στα διάφορα άτομα;

Πώς μεγιστοποιείται η αθλητική απόδοση στα διάφορα αγωνίσματα;

- Ποια είναι η επίδραση της διατροφής και των διατροφικών συμπληρωμάτων;
- Ποια είναι η επίδραση των διαφόρων εργογόνων ουσιών;
- Ποια είναι η επίδραση της ψυχομετρικής προπόνησης;
- Ποια είναι η επίδραση της υπερπροπόνησης και της προπονητικής ανάπαυλας;



Εικόνα 1

Σχέση μεταξύ μέσης δρομικής ταχύτητας και λογαριθμικού χρόνου για παγκόσμιες επιδόσεις (μέχρι 28.09.2003) ανδρών και γυναικών στα αγωνίσματα στίβου. Για σημερινές παγκόσμιες επιδόσεις βλ. Εικόνα 16-1 στο Κεφάλαιο 16, που εστιάζεται στην Αθλητική Απόδοση. Τα τρία ενεργειακά συστήματα, δηλαδή το φωσφορογόνο, το γλυκολυτικό και το οξειδωτικό, οριοθετούν το ανώτατο όριο σε αγωνίσματα ταχύτητας, ημιαντοχής και αντοχής αντίστοιχα.

Ποιά είναι η αναμενόμενη καμπύλη, στη σχέση δρομικής ταχύτητας και απόστασης, για ένα απροπόνητο άτομο;

- Σε ποιο βαθμό η καμπύλη αυτή μπορεί να μετατοπιστεί με τη συστηματική άσκηση;
- Σε ποιο δρομικό αγώνισμα το άνοιγμα της καμπύλης είναι μεγαλύτερο μεταξύ ενός αθλητή και ενός μη αθλητή; Γιατί;
- Θα αντέξει ένα απροπόνητο άτομο να τερματίσει ένα μαραθώνιο δρόμο; Ποιοί παράγοντες θα το αναγκάσουν να εγκαταλείψει την προσπάθεια;

Είναι σταθερή για το ανθρώπινο γένος η καμπύλη που εκφράζει τη σχέση μεταξύ δρομικής ταχύτητα και απόστασης;

- Ποιο ήταν το σχήμα της καμπύλης αυτής για τις παγκόσμιες δρομικές επιδόσεις σε προγενέστερες εποχές;
- Σε ποια αγωνίσματα σημειώθηκε μεγαλύτερη βελτίωση και γιατί;
- Σε ποιους φυσιολογικούς παράγοντες οφείλεται η διαφορά μεταξύ αθλητών και αθλητριών;

## Υγεία και Ευρωστία

Υπάρχει επαρκής τεκμηρίωση που δείχνει την άρρηκτη σχέση και αλληλεπίδραση ανάμεσα στην άσκηση, στην ευρωστία και στην υγεία του ανθρώπου. Η Εργοφυσιολογία διερευνά σχετικά προβλήματα όπως τα παρακάτω:

Ποια είναι η κατάλληλη δοσολογία της άσκησης για να είναι ευεργετική;

- Ποιο είδος άσκησης είναι προτιμότερο;

- Ποια είναι η βέλτιστη ένταση, διάρκεια και συχνότητα της άσκησης;
- Πόσο καιρό πρέπει να εφαρμόζεται ένα πρόγραμμα για να προκύψει η βέλτιστη ωφέλεια;

Ποιές είναι οι ασκησιογενείς επιδράσεις σε υγιείς ανθρώπους;

- Ποιες προσαρμογές προκαλούνται με την άσκηση στην καρδιά;
- Ποιες προσαρμογές προκαλούνται με την άσκηση στον μεταβολισμό των καυσίμων και στον έλεγχο του σωματικού βάρους;
- Ποιες μυοσκελετικές προσαρμογές προκαλούνται με την άσκηση;

Ποιά είναι η επίδραση της τακτικής άσκησης σε χρόνιες παθήσεις, στη νοσηρότητα και στη θνησιμότητα;

- Προστατεύει η άσκηση την καρδιά από την ισχαιμία και τις συνέπειές της;
- Προλαμβάνει ή άσκηση την υπέρταση και μειώνει την αρτηριακή πίεση;
- Επιμηκύνει η άσκηση το προσδόκιμο όριο ζωής;

## Βιολογικές προσαρμογές

Η βελτίωση της υγείας, της ευρωστίας και της απόδοσης που παρατηρείται με την άσκηση είναι αποτέλεσμα βιολογικών προσαρμογών. Η Εργοφυσιολογία μετράει τις προσαρμογές αυτές και προσπαθεί να διεισδύσει στους ρυθμιστικούς μηχανισμούς που τις διέπουν. Διακρίνουμε δύο διακριτά είδη προσαρμογών: τις άμεσες και τις χρόνιες. Οι πρώτες είναι παροδικές και συνοδεύουν

οποιαδήποτε μυϊκή προσπάθεια, ενώ οι δεύτερες είναι χρόνιες και προκαλούνται με την τακτική άσκηση.

**ΑΜΕΣΣΕΣ ΠΡΟΣΑΡΜΟΓΕΣ** Πρόκειται για πρόσκαιρες φυσιολογικές αποκρίσεις ή απαντήσεις στη μυϊκή προσπάθεια και διαρκούν όσο και η προσπάθεια. Αποβλέπουν στην ικανοποίηση των ενεργειακών απαιτήσεων και γ' αυτό είναι ανάλογες της έντασης της προσπάθειας. Κατά κανόνα, όσο πιο έντονη είναι η προσπάθεια, τόσο μεγαλύτερη είναι η προσαρμογή μέχρι ένα ανώτατο φυσιολογικό όριο. Κατά την εκτέλεση μέγιστου έργου, τα μυϊκά κύτταρα ενός αθλητή αντοχής εικοσιπενταπλασιάζουν την κατανάλωση οξυγόνου. Από 0.3 του λίτρου το λεπτό, που αντιστοιχεί στην κατάσταση ηρεμίας, η κατανάλωση μπορεί να αυξηθεί σε 7.5 λίτρα το λεπτό.

Η εντυπωσιακή αυτή αύξηση του μεταβολισμού επιτυγχάνεται με την κινητοποίηση του καρδιοαναπνευστικού συστήματος. Οι πνεύμονες μπορούν να εικοσιπενταπλασιάσουν και αυτοί την απόδοσή τους αυξάνοντας τον αερισμό τους από 7 λίτρα σε 175 λίτρα το λεπτό.

Η καρδιά επταπλασιάζει τον όγκο αίματος που αποστέλλει στους διάφορους ιστούς αντλώντας πάνω από 40 λίτρα αίματος το λεπτό κατά τη μέγιστη προσπάθεια, ενώ στην κατάσταση της σωματικής ηρεμίας λιγότερο από 6 λίτρα.

Η τεράστια αυτή αποδοτικότητα της καρδιάς γίνεται δυνατή με τον διπλασιασμό του όγκου παλμού και τον υπερτριπλασιασμό της συχνότητας των καρδιακών παλμών. Ακόμα, κατά την έντονη άσκηση, αυξάνεται η συσταλτικότητα του μυοκαρδίου και έτσι το αίμα διοχετεύεται με μεγαλύτερη ορμή στα αιμοφόρα αγγεία, κάνοντας εννέα γύρους του σώματος στο λεπτό, ενώ στην ηρεμία μόνο ένα.

*Παρατηρούνται μεγάλες διατομικές διαφορές στις βραχύβιες αυτές προσαρμογές τόσο κατά την υπομέγιστη όσο και κατά τη μέγιστη μυϊκή προσπάθεια. Η μελέτη των διαφορών αυτών, που οφείλονται σε ενδογενείς και εξωγενείς παράγοντες, αποτελούν αντικείμενο της Εργοφυσιολογίας.*

**ΧΡΟΝΙΕΣ ΠΡΟΣΑΡΜΟΓΕΣ** Πρόκειται για μόνιμες προσαρμογές του οργανισμού που είναι αποτέλεσμα της τακτικής και συστηματικής άσκησης και αναστρέφονται μόνο με τη διακοπή της άσκησης. Οι προσαρμογές αυτές χαρακτηρίζουν τους αθλητές και τα γυμνασμένα άτομα.

Οι μακρόβιες αυτές προσαρμογές επηρεάζονται, όπως δείχνει η Εικόνα 2, από το περιβάλλον μέσα στο οποίο γίνεται η άσκηση, από το ασκησιογενές ερέθισμα, καθώς επίσης και την οργανική κατάσταση του ασκουμένου.

Οι χρόνιες προσαρμογές, ανάλογα με το είδος της προπόνησης και το ενεργειακό σύστημα που επιστρατεύεται (ερέθισμα), μπορεί να είναι μεταβολικές, νευ-



Εικόνα 2

Το μέγεθος και ο ρυθμός επίτευξης των χρόνιων προσαρμογών είναι συνάρτηση των χαρακτηριστικών του ασκησιογενούς ερεθίσματος, ενώ επηρεάζονται και από την οργανική κατάσταση του ασκουμένου καθώς και τις επικρατούσες περιβαλλοντικές συνθήκες.

ρομυϊκές και καρδιοαναπνευστικές, ή ένας συνδυασμός αυτών. Για παράδειγμα, η αερόβια προπόνηση προκαλεί αύξηση 20-30% της μέγιστης πρόσληψης οξυγόνου, που είναι μια μεταβολική προσαρμογή. Η αύξηση αυτή συνοδεύεται από ανάλογη βελτίωση της απόδοσης της πνευμονικής και καρδιακής αντλίας. Ακόμα, οι ισχυρές μεγενθύσεις του ηλεκτρονικού μικροσκοπίου και οι βιοχημικές αναλύσεις βιοψίας μύος αποκαλύπτουν ανάλογες ιστολογικές και βιοχημικές προσαρμογές: αύξηση του αριθμού των μιτοχονδρίων και κορύφωση της ενζυματικής δραστηριότητας μέσα στις μυϊκές ίνες.

**Το ερέθισμα** Η αποτελεσματικότητα ενός ορισμένου είδους ασκησιογενούς ερεθίσματος είναι συνάρτηση της έντασης, της διάρκειας και της συχνότητάς του. Από τα χαρακτηριστικά αυτά του ερεθίσματος προκύπτουν οι φυσιολογικές αρχές της εξειδίκευσης, της επιβάρυνσης και της αναστροφής, που πρέπει να αποτελούν τη βάση για τη σύνθεση κάθε ημερήσιου γυμναστικού προγράμματος.

Η αρχή της εξειδίκευσης αναφέρεται τόσο στους μυς που επιστρατεύονται σε μια συγκεκριμένη κίνηση όσο και στο ενεργειακό σύστημα που προμηθεύει το ATP για την πραγματοποίησή της. Σύμφωνα δε με την αρχή της επιβάρυνσης, για να γίνουν προσαρμογές είναι απαραίτητο να επιβαρυνθεί λειτουργικά ο οργανισμός περά από τα συγκεκριμένα επίπεδα. Μια ορισμένη ένταση της μυϊκής προσπάθειας, επαναλαμβανόμενη μπορεί να προκαλέσει προσαρμογές έως ένα βαθμό. Για να προκληθούν μεγαλύτερες προσαρμογές θα πρέπει να αυξηθεί ανάλογα και η επιβάρυνση του οργανισμού. Οι προσαρμογές όμως που προκαλούνται με την προ-



πόνηση δεν είναι μόνιμες. Αντίθετα, αναστρέφονται ταχύτατα με την αγυμνασία και εξαφανίζονται τελείως με την ακινησία.

**Ο ΟΡΓΑΝΙΣΜΟΣ** Οι βιολογικές προσαρμογές ενός ατόμου επηρεάζονται από το φύλο, την ηλικία και την προσαρμοστικότητα του οργανισμού του, καθώς και από τον γονότυπο και τον φαινότυπό του. Οι ορμονικές διαφορές που υπάρχουν μεταξύ των δύο φύλων αντανακλώνονται και στις προσαρμογές που προκαλούνται με την άσκηση. Το ίδιο συμβαίνει με την ηλικία. Διαφορετική είναι η λειτουργική προσαρμοστικότητα του ατόμου στα χρόνια της ανάπτυξης και διαφορετική στα χρόνια της ωριμότητας και της προχωρημένης ηλικίας.

Οποιαδήποτε όμως προσαρμογή του οργανισμού επηρεάζεται από το αρχικό φαινοτυπικό επίπεδο των ικανοτήτων του ατόμου πριν την προπόνηση και γίνεται μόνο μέσα στα αμετατόπιστα όρια που προκαθορίζονται για κάθε άτομο από τον γονότυπό του. Ο φαινότυπος αποτελείται από όλες τις εξωτερικές και εσωτερικές δομές και λειτουργίες του οργανισμού, ενώ ο γονότυπος ενός ατόμου είναι το σύνολο των κληρονομικών ιδιοτήτων. *Ο φαινότυπος είναι ασταθής και μεταβλητός, ο γονότυπος σταθερός και αμετάβλητος.*

Το περιβάλλον. Οι περιβαλλοντικές επιδράσεις όπως είναι το υψόμετρο, η θερμοκρασία, η ρύπανση αλλά και η διατροφή μπορούν να επηρεάσουν τόσο το μέγεθος όσο και το ρυθμό επίτευξης των μακρόβιων προσαρμογών.

## Εφαρμοσμένη Εργοφυσιολογία

Γίνεται φανερό από τα προηγούμενα ότι η Εργοφυσιολογία, μελετώντας τις βιολογικές προσαρμογές και τους παράγοντες που τις επηρεάζουν και διεισδύοντας στους ρυθμιστικούς μηχανισμούς που διέπουν αυτές τις προσαρμογές, παρέχει χρήσιμη γνώση σε αθλητές, προπονητές, φυσικοθεραπευτές, αθλητιάτρους και γενικά σε αθλητικούς επιστήμονες για τη βελτίωση της υγείας, της ευρωστίας και της απόδοσης του ανθρώπου.

Η χρήσιμη όμως γνώση θεμελιώνεται στη θεωρητική διερεύνηση και δεν μπορεί να θεωρηθεί ξεκομμένη από αυτή. Θεωρία και πράξη είναι έννοιες σύμφυτες. Η πρακτική εφαρμογή είναι το καμίνι όπου πυραχτώνονται και σφυρηλατούνται τα πορίσματα της εργοφυσιολογικής έρευνας. Αν τα πορίσματα αυτά δεν αντέξουν στην πυράκτωση της πράξης, τότε χρειάζεται παραπέρα διερεύνηση και αποσαφήνιση.

Η θεωρία φωτίζει και οδηγεί την πράξη, ενώ η πράξη δοκιμάζει και διορθώνει τη θεωρία. Η σχέση τους δεν είναι μονόδρομη, είναι μια αμφίδρομη και διαλεκτική σχέση. Μια λαθεμένη πρακτική μπορεί να οδηγήσει σε θεωρητικές διαστρεβλώσεις, όπως και μια θεωρητική

παραπλάνηση συνεπάγεται λάθη στο χώρο της πρακτικής.

Έτσι, η αναφορά στην εφαρμοσμένη Εργοφυσιολογία, που είναι διάχυτη στο σύγγραμμα αυτό, έχει την έννοια της ενοποίησης της θεωρίας με την πράξη και απορρέει από την πίστη του συγγραφέα πως «*η στερνή, η πιο ιερή μορφή της θεωρίας είναι η πράξη*».

Ο Thomas Huxley, ο μεγάλος διανοητής του περασμένου αιώνα επισήμανε τον προβληματισμό αυτό με τον πιο εύγλωττο και πειστικό τρόπο (Huxley 1948):

«Συχνά εύχομαι αυτή η φράση “εφαρμοσμένη επιστήμη” να μην είχε ποτέ επινοηθεί. Διότι υπονοεί ότι υπάρχει ένα είδος επιστημονικής γνώσης, με άμεση πρακτική χρησιμότητα, που μπορεί να μελετηθεί χωριστά από ένα άλλο είδος επιστημονικής γνώσης χωρίς πρακτική ωφελιμότητα, και που ονομάζεται “θεωρητική επιστήμη”. Δεν υπάρχει όμως μεγαλύτερη πλάνη από αυτή. Αυτό που οι άνθρωποι αποκαλούν εφαρμοσμένη επιστήμη δεν είναι παρά η εφαρμογή της θεωρητικής επιστήμης σε συγκεκριμένες κατηγορίες προβλημάτων. Αποτελείται από παραγωγικούς συλλογισμούς εκείνων των αρχών, που έχουν καθιερωθεί με λογική και παρατήρηση, και που συνιστούν τη θεωρητική επιστήμη. Κανένας δεν μπορεί να κάνει αυτούς τους συλλογισμούς με σιγουριά προτού κατανοήσει πλήρως τις αρχές. Και μπορεί να τις κατανοήσει μόνο με προσωπική πείρα παρατήρησης και λογικής».

### Εν περιλήψει

- Η Εργοφυσιολογία έχει ως αντικείμενο τη μελέτη των βιολογικών προσαρμογών που προκαλεί το μυϊκό έργο και κατ' επέκταση τη μεγιστοποίηση της απόδοσης του ανθρώπινου οργανισμού.
- Οι βιολογικές προσαρμογές κατά την άσκηση διακρίνονται σε άμεσες και χρόνιες.
- Οι άμεσες προσαρμογές είναι παροδικές και συνοδεύουν οποιαδήποτε μυϊκή προσπάθεια.
- Οι χρόνιες προσαρμογές έχουν μακρά διάρκεια και προκαλούνται με την τακτική άσκηση.
- Το μέγεθος των χρονίων προσαρμογών είναι συνάρτηση του ασκησιογενούς ερεθίσματος, του οργανισμού και του περιβάλλοντος.
- Η βελτίωση της υγείας, της ευρωστίας και της απόδοσης είναι αποτέλεσμα βιολογικών προσαρμογών.

Εικόνα 3

Παράσταση αθλητών που ασκούνται με τη συνοδεία αυλού. Το μεγαλύτερο μέρος της ζωής τους οι νέοι της Αθήνας το περνούσαν στα γυμνάσια. Εκεί ασκούνταν στο άλμα, στον δίσκο, στο ακόντιο. Ο αυλητής συνόδευε τις κινήσεις των αθλητών με τον αυλό για να γίνουν αρμονικές και ρυθμικές (Ολυμπιακοί Αγώνες στην Αρχαία Ελλάδα, Εκδοτική Αθηνών 1982. Η παράσταση είναι από αγγείο που βρίσκεται στο Εθνικό Μουσείο της Κοπεγχάγης).



## Απαρχές της Εργοφυσιολογίας

Παρόλο που ο όρος Εργοφυσιολογία είναι νεότευκτος, η επιστήμη είναι παλιά. Μπορούμε να ιχνηλατήσουμε τη γέννησή της στην Ελλάδα του χρυσού αιώνα, όταν η Ελληνική διανόηση έφτασε στο απόγειό της.

Ο κορμός της αγωγής των νέων στην Αθήνα, όπως και της παιδείας όλων των Ελληνικών πόλεων, ήταν η γύμναση του σώματος και η μουσική εκπαίδευση, που απέβλεπαν στην καλοκαγαθία, δηλαδή στην αρμονική και σύμμετρη ανάπτυξη σώματος και ψυχής. Αυτό αντανακλάται σε πλατωνικούς διαλόγους όπως του Λυσία ή του Χαρμίδα και στις αναρίθμητες αγγειογραφίες που είναι εμπνευσμένες από τις σκηνές της παλαιστρας και του γυμνασίου. Σε αυτές, απεικονίζονται νέοι που ασκούνται με τη συνοδεία αυλού, αλείφονται με λάδι, μαλάσσουν τους μύς τους πριν από ασκήσεις ή λούζονται μετά από αυτές (Εικόνες 3 και 4).

Αυτός ο καίριος ρόλος που έπαιζε τότε η άθληση στην παιδεία των νέων και που σημάδεψε ολόκληρο τον Ελληνικό πολιτισμό, ήταν φυσικό να «δαυλίσει» το ενδιαφέρον των αρχαίων Ελλήνων στοχαστών για τη μελέτη των ζωικών λειτουργιών κατά την άσκηση και να ανοίξει έτσι ο δρόμος της βιολογικής έρευνας.

Δεν υπαινίσσομαι βέβαια ότι οι αρχαίοι Έλληνες στοχαστές γνώριζαν τους φυσιολογικούς μηχανισμούς λειτουργίας του ανθρώπινου σώματος, ούτε ότι είχαν ακριβή γνώση των βιολογικών προσαρμογών κατά τη μυική προσπάθεια. Όμως, με την οξεία τους παρατηρητικότητα, έφτασαν σε θαυμαστές για την εποχή τους ανακαλύψεις και διαμόρφωσαν υποθέσεις για τις ασκησιογενείς επιδράσεις, που επιβεβαιώθηκαν από



Εικόνα 4

(Επάνω) Ο αλείπτης μαλάσσει του μύς ενός νέου κάτω από την επίβλεψη του γυμναστή του. Η επιστημονική μάλαξη των μυών του σώματος ήταν συμπλήρωμα της καλής προπόνησης. (Κάτω) Νέοι που πλένονται μετά τις ασκήσεις. Στα γυμνάσια υπήρχε ειδικά διασκευασμένος χώρος λουτρών για να καθαρίζουν το σώμα τους οι νέοι αθλητές και να το δροσίζουν μετά τις ασκήσεις.

τη σύγχρονη εργοφυσιολογική έρευνα. Αν λοιπόν θεωρήσουμε το έργο τους ως ανεξάρτητο από το χρονικό εύρος που μεσολαβεί μεταξύ των αρχαίων χρόνων και της σύγχρονης εποχής, μπορούμε να πούμε ότι αποτελεί τις απαρχές της σύγχρονης Εργοφυσιολογίας.

## Δοξασίες του Ιπποκράτη

Ο Ιπποκράτης (460-370 π.Χ.) με το πολυσχιδές και συναρπαστικό του έργο, καταπολέμησε τον δογματισμό και θεμελίωσε την επιστημονική ιατρική και θεωρείται δίκαια ο «πατέρας της ιατρικής». Πίστευε πως η εμπειρία, η λογική και η διαίσθηση αποτελούν πηγές γνώσης. Οι *Αφορισμοί*, που είναι ασφαλώς το πιο φημισμένο έργο της ιπποκρατικής συλλογής, περιέχουν τη συνόψιση και το καταστάλαγμα της μακρότατης πείρας και σοφίας του (κατά την κρίση του Γαληνού «έν ὀλίγη λέξει δύναμις ἐστὶ μεγάλη»). Ο πρώτος αφορισμός του αποτελεί το έμβλημα κάθε επιστήμονα σε κάθε εποχή (*Αφορισμοί Α*):

«Ὁ βίος βραχύς, ἡ δὲ τέχνη μακρὴ».

Οι επόμενοι αφορισμοί του σχετικά με την κόπωση, τη διατροφή και την άσκηση, που αποτελούν κεντρικές έννοιες της Εργοφυσιολογίας και παρατίθενται εδώ, αποτελούν πορίσματα στα οποία έχει καταλήξει και η σημερινή έρευνα και επαληθεύουν τη ρήση «ὀρθὴ δὲ ὁδὸς πρὸς τὴν ἀλήθειαν πρῶτος ἀπάντων ἐχρήσατο ὁ Ἴπποκράτης».

**ΥΠΕΡΠΡΟΠΟΝΗΣΗ** Η υπερβολική ευεξία των αθλητών, λέει, αν μάλιστα βρίσκεται στο έσχατο άκρο της, είναι απατηλή και επικίνδυνη. Μια τέτοια ευεξία δεν μπορεί να παραμένει σταθερή και ως έχει. Αφού λοιπόν δεν μένει ως έχει και ούτε έχει περιθώριο βελτίωσης, το μόνο που μένει είναι η μεταβολή προς το χειρότερο. Γι' αυτό τον λόγο έχει μεγάλη σημασία να μειωθεί η ευεξία αυτή δίχως καθυστέρηση, ώστε το σώμα να κάνει ένα νέο ξεκίνημα ανόρθωσης. Ούτε και η κατάπτωση πρέπει να αφήνεται να φτάσει στα άκρα—γιατί αυτό είναι επικίνδυνο—αλλά μόνο ως το σημείο που συμβαδίζει με την κρίση του ατόμου (*Αφορισμοί Α*):

«Ἐν τοῖσι γυμναστικοῖσιν αἰ ἐπ' ἄκρον εὐεξία σφαλεραί, ἦν ἐν τῷ ἐσχάτῳ ἔωσιν· οὐ γὰρ δύνανται μένειν ἐν τῷ αὐτέῳ, οὐδὲ ἀτρεμέειν· ἐπεὶ δὲ οὐκ ἀτρεμέουσιν, οὐδ' ἔτι δύνανται ἐπὶ τὸ βέλτιον ἐπιδιδόναι, λείπεται ἐπὶ τὸ χεῖρον».

Ο αναγνώστης παρακαλείται να ανατρέξει στην *Εφαρμοσμένη Εργοφυσιολογία 6-4 στο Κεφάλαιο 6* όπου συνοψίζονται τα πιο πρόσφατα συμπεράσματα της ερευνητικής σκαπάνης σχετικά με το σύνδρομο της

υπερπροπόνησης, για να αντιληφθεί την ιπποκρατική σοφία.

**ΑΣΚΗΣΙΟΓΕΝΗΣ ΚΟΠΩΣΗ** Για την κόπωση που προκαλείται από την άσκηση λέει ότι τα αγύμναστα άτομα κουράζονται με την παραμικρή μυϊκή προσπάθεια, ενώ οι γυμνασμένοι από νέες ασυνήθιστες ασκήσεις ή από συνηθισμένες όταν φτάνουν στην υπερβολή. Η γενεσιουργός δε αιτία της κόπωσης για τους αγύμναστους είναι το γεγονός ότι η μαλακή σάρκα τους, καθώς το σώμα τους θερμαίνεται με την άσκηση, υφίσταται πολλή σύντηξη. Οτιδήποτε λοιπόν αποβληθεί ως ιδρώτας ή με την αναπνοή, δεν προκαλεί άλλο πόνο, οτιδήποτε όμως απομείνει από τη σύντηξη προκαλεί πόνο, γιατί τούτο δεν είναι πλέον ύλη χρήσιμη προς το σώμα αλλά εχθρική προς αυτό (*Περί Διαιτήσεως Β*):

«...Ὅ,τι δ' ἂν ἐμμεῖνη τῆς συντήξεως, οὐ μόνον τῷ κενωθέντι τοῦ σώματος παρὰ τὸ ἔθος παρέχει πόνον, ἀλλὰ και τῷ δεξαμένῳ τὸ ὑγρὸν· οὐ γὰρ ἐστὶ ζύντροφον τῷ σώματι, ἀλλὰ πολέμιον».

Σήμερα γνωρίζουμε ότι η εχθρική αυτή ουσία, συνακόλουθη του καμάτου, που διέβλεψε ο Ιπποκράτης, εμφανίζεται με την παρουσία του γαλακτικού οξέος που παράγεται κατά την αναερόβια γλυκόλυση. Από τη στιγμή που παράγεται γαλακτικό οξύ καταμερίζεται σε ιόντα υδρογόνου και γαλακτικού. Η συσσώρευση των ιόντων υδρογόνου διαταράσσει την οξεοβασική ισορροπία, που οδηγεί σε ενδοκυτταρική οξέωση και προκαλεί μυϊκό κάματο. Ακόμα, είναι τεκμηριωμένο ότι οι αγύμναστοι άνθρωποι παράγουν περισσότερο γαλακτικό οξύ από τους γυμνασμένους, κατά την εκτέλεση της ίδιας μυϊκής προσπάθειας, επομένως κουράζονται περισσότερο, επιβεβαιώνοντας και ως προς τούτο την ορθότητα της ιπποκρατικής παρατήρησης.

Ακόμα, ο Ιπποκράτης αποφαινεται ότι σ'όλες τις σωματικές ασκήσεις, αν αναπαυτούμε αμέσως μόλις αρχίσουμε να κουραζόμαστε, η κούραση εξαφανίζεται, που σήμερα ερμηνεύεται πάλι με την έναρξη συσσώρευσης και απομάκρυνσης του γαλακτικού από το αίμα (*Αφορισμοί Β*):

«Ἐν πάσῃ κινήσει τοῦ σώματος, ὀκὸταν ἄρχηται πονεῖν, τὸ διαναπαύειν εὐθύς, ἄκοπον...».

**ΔΙΑΙΤΑ ΚΑΙ ΑΣΚΗΣΗ** Ο Ιπποκράτης είχε βαθιά γνώση της αλληλεπίδρασης διατροφής και άσκησης και υποστήριζε ότι η ισορροπία είναι που διασφαλίζει την υγεία ενώ η δυσαρμονία μεταξύ τους είναι αυτό που προκαλεί αρρώστια. Γράφει ότι η τροφή δεν αρκεί για τη διατήρηση της υγείας του ανθρώπου, αν δεν τη συνδυάσει με άσκηση. Η υγεία εξασφαλίζεται με την εξισορρόπηση των αντιθέτων δυνάμεων. Η τροφή και η άσκηση έχουν αντίθετες ιδιότητες, συμβάλλουν όμως αμοιβαία



στη διατήρηση της υγείας. Η άσκηση αναλώνει ό,τι υπάρχει, ενώ η τροφή αναπληρώνει ό,τι αναλώνεται. Και όχι μόνο αυτό, αλλά οι ασκήσεις πρέπει να είναι ανάλογες με την ποσότητα του φαγητού, την ιδιοσυγκρασία του ατόμου, την ηλικία, τις εποχές του έτους, τις μεταβολές των ανέμων, τη γεωγραφική θέση του τόπου διαμονής και τις κλιματολογικές συνθήκες τη συγκεκριμένη χρονιά (Περί Διαιτήσεως Α).

«Διότι ού δύναται ἐσθίων ὄνθρωπος ὑγιαίνειν, ἢ μὴ καὶ πονέη... καὶ τὰς ξυμμετρίας τῶν πόνων πρὸς τὸ πλῆθος τῶν σιτίων καὶ τὴν φύσιν τοῦ ἀνθρώπου καὶ τὰς ἡλικίας τῶν σωμάτων, καὶ πρὸς τὰς ὥρας τοῦ ἐνιαυτοῦ καὶ πρὸς τὰς μεταβολὰς τῶν πνευμάτων, καὶ πρὸς τὰς θέσεις τῶν χωρίων ἐν οἷσι διαιτέονται, πρὸς τε τὴν κατάστασιν τοῦ ἐνιαυτοῦ».

## Δοξασίες του Αριστοτέλη

Ο Αριστοτέλης (384-323 π.Χ.) ένας από τους μεγαλύτερους φιλοσόφους όλων των εποχών έγραψε πλήθος έργων, στα οποία διάχυτες βρίσκονται οι θεωρήσεις της βιολογικής του έρευνας. Διατύπωσε τις αντιλήψεις του για την υγεία και τη λειτουργία του ανθρώπινου σώματος κατά τη μυϊκή προσπάθεια, κυρίως με ερωτηματική μορφή.

Στην αριστοτελική μέθοδο αναζήτησης της αλήθειας σημαντικό ρόλο παίζει η αρχική διατύπωση του προβλήματος. Στο *Μετά τα Φυσικά*, ο Αριστοτέλης επισημαίνει ότι όσοι θέλουν να ξεκαθαρίσουν τις απορίες τους, πρέπει να τις διατυπώσουν σωστά γιατί από αυτό εξαρτάται η μετέπειτα απρόσκοπτη πορεία της σκέψης τους. Αναφέρει δε χαρακτηριστικά ότι η απορία της σκέψης δείχνει ακριβώς ότι υπάρχει ένας «κόμπος» στο διερευνητέο πεδίο και εφόσον η σκέψη μας δυσκολεύεται να προχωρήσει, βρίσκεται σε παρόμοια θέση με τους δεμένους. Εξάλλου, οι άνθρωποι που ερευνούν χωρίς να διατυπώνουν από πριν τις απορίες τους, μοιάζουν με εκείνους που δεν ξέρουν ποιο δρόμο να πάρουν και δεν ξέρουν αν βρήκαν κάποια στιγμή αυτό που έψαχναν.

Ενδεικτικά παρατίθενται μερικές αριστοτελικές απορίες που διατηρούν μέχρι σήμερα την πρωτοτυπία τους (βλ. *Αριστοτέλης, Προβλήματα Α, Αρχαία Ελληνική Γραμματεία «Οι Έλληνες»* Εκδόσεις Κάκτος, 1992):

- Γιατί όσοι γυμνάζονται κρύνουν περισσότερο από όσους δεν γυμνάζονται;
- Γιατί τον χειμώνα κρύνουμε περισσότερο όταν τρέχουμε παρά όταν στεκόμαστε ακίνητοι;
- Γιατί είναι υγιεινό να μειώνουμε την τροφή και να αυξάνουμε τις ασκήσεις;
- Γιατί όσοι καταβάλλουν σωματική προσπάθεια, όταν σταματήσουν, ιδρώνουν;
- Γιατί οι αθλούμενοι ιδρώνουν περισσότερο, αν πα-

λεύουν διαλειμματικά, παρά αν παλεύουν συνέχεια;

- Γιατί οι άνθρωποι αισθάνονται μεγαλύτερη κόπωση σε ομαλό παρά σε ανώμαλο έδαφος, αλλά βαδίζουν πιο γρήγορα σε ομαλό παρά σε ανώμαλο δρόμο;
- Γιατί ενώ οι γρήγορες κινήσεις θεωρούνται ότι θερμαίνουν περισσότερο και οι αργές λιγότερο, το περπάτημα σε ανήφορο, αν και είναι πιο αργό, και περισσότερο ιδρώτα δημιουργεί και την αναπνοή εμποδίζει, σαν να θέρμαινε περισσότερο απ' ό,τι το περπάτημα σε κατήφορο;
- Γιατί μας φαίνεται μακρύτερος ο δρόμος όταν περπατάμε χωρίς να γνωρίζουμε πόσος είναι παρά όταν γνωρίζουμε, ενώ κατά τα άλλα συμβαίνει να βρισκόμαστε στην ίδια κατάσταση;

Η παράθεση της αριστοτελικής απάντησης στα ερωτήματα αυτά δεν συνάδει πάντα με τη σύγχρονη αντίληψη. Τα ερωτήματά του όμως παραμένουν καίρια μέχρι σήμερα.

Οι ιστορικοί της Επιστήμης συχνά παρατηρούν ότι μια ορθή ερώτηση παίζει σημαντικότερο ρόλο από μια ορθή απάντηση. Η σωστή απάντηση σε μια ρηχή και κοινότυπη ερώτηση είναι εξίσου ασήμαντη, αλλά η σωστή ερώτηση μπορεί να αποτελέσει τον μίτο των ιδεών, που θα μας οδηγήσει από τον λαβύρινθο στο ξέφωτο.

## Δοξασίες του Γαληνού

Ο ιατροφιλόσοφος Γαληνός (129-200 μ.Χ.) από την Πέργαμο, βασιζόμενος στην Ιπποκρατική σοφία αλλά και στις δικές του παρατηρήσεις, συστηματοποίησε την αρχαία επιστημονική γνώση για τον τρόπο λειτουργίας του ανθρώπινου σώματος και έδωσε αληθινό περιεχόμενο στις έννοιες υγεία, άσκηση, κόπωση, τρίψη και αποθεραπεία. Βρέθηκε δε κοντά στην ανακάλυψη της κυκλοφορίας του αίματος (βλ. Εικόνα 6). Είχε ενστερνιστεί το αριστοτελικό:

«Η φύσις οὐδέν ποιεί μάρτην οὐδέν περίεργον».

Από το περιώνυμο έργο του Υγιεινά σταχυολογούμε μερικά παραθέματα που δείχνουν ότι ο Γαληνός υπήρξε σκαπανέας της Εργοφυσιολογίας (βλ. *Γαληνός, Υγιεινά, Αρχαία Ελληνική Γραμματεία «Οι Έλληνες»*, Κάκτος 1992).

ΜΗ ΠΑΣΑ ΚΙΝΗΣΙΣ ΕΙΝΑΙ ΓΥΜΝΑΣΙΟΝ Ένα κεντρικό ερώτημα στην Εργοφυσιολογία είναι: *Πόση άσκηση είναι ωφέλιμη*; Ο Γαληνός πρώτος συσχέτισε την ευεργετική επίδραση της μυϊκής προσπάθειας με την ένταση. Πίστευε ότι κάθε κίνηση δεν αποτελεί άσκηση, αλλά μόνο η πιο έντονη. Γιατί αναλόγως της έντασης, μπορεί ή ίδια κίνηση να είναι άσκηση για κάποιον, για κάποιον άλλο όμως μπορεί να μην είναι άσκηση. Κριτήριο της έντασης είναι

η αλλαγή του ρυθμού αναπνοής. Γιατί όσες κινήσεις δεν αλλάζουν τον ρυθμό της αναπνοής, δεν είναι ασκήσεις. Αν όμως αναγκαστεί από μια κίνηση κανείς να αναπνέει περισσότερο ή λιγότερο ή πιο γρήγορα ή πιο συχνά, αυτή η κίνηση θα είναι γι' αυτόν άσκηση (Υγιεινά Β):

«Ἐμοὶ μὲν δὴ δοκεῖ μὴ πᾶσα κίνησις εἶναι γυμνάσιον, ἀλλ' ἡ σφοδροτέρα μόνη. ἐπεὶ δ' ἐν τῷ πρὸς τι τὸ σφοδρόν, εἴη ἂν ἡ αὐτὴ κίνησις ἐτέρω μὲν γυμνάσιον, ἐτέρω δ' οὐ γυμνάσιον. ὄρος δὲ τῆς σφοδρότητος ἡ τῆς ἀναπνοῆς ἀλλοίωσις· ὡς, ὅσαι γε κινήσεις οὐκ ἀλλοιοῦσι τὴν ἀναπνοήν, οὕτω ταύτας ὀνομάζουσι γυμνάσια».

Έτσι, ο Γαληνός έδωσε τον ορισμό της άσκησης που συνάδει με τη σύγχρονη αντίληψη, παρά το γεγονός ότι σήμερα η ένταση της άσκησης προσδιορίζεται με μεγαλύτερη ακρίβεια μέσω της ενεργειακής δαπάνης, που είναι και μετρήσιμη ποσότητα.

**ΒΙΟΛΟΓΙΚΕΣ ΠΡΟΣΑΡΜΟΓΕΣ** Επειδή η άσκηση είναι έντονη κίνηση, αναγκαστικά τρία πράγματα προκαλούνται στο ανθρώπινο σώμα από αυτήν, η σκλήρυνση των οργάνων, που τρίβονται μεταξύ τους, η αύξηση της εσωτερικής θερμότητας και η αύξηση της κίνησης του οξυγόνου, που ο Γαληνός όπως και οι Στωικοί το αντιλαμβάνονταν ως ζωτική δύναμη (πνεύμα), που είναι υπεύθυνο για την κίνηση και τις ζωτικές λειτουργίες. Αυτά τα ακολουθούν όλες οι άλλες επιμέρους ωφέλειες της άσκησης (Υγιεινά Β):

«Ἐπειδὴ γάρ ἐστὶ κίνησις σφοδρὰ τὸ γυμνάσιον, ἀνάγκη τρία μὲν πρῶτα ταῦτα γίνεσθαι πρὸς αὐτοῦ κατὰ τὸ γυμναζόμενον σῶμα... ἔπεσθαι δὲ τούτοις τᾶλλα σύμπαντα τὰ κατὰ μέρος ἀγαθὰ τοῖς σώμασιν ἐκ γυμνασίων γινόμενα».

Η δοξασία αυτή δεν απέχει από τη σημερινή αντίληψη, ότι οι βιολογικές προσαρμογές στη συστηματική άσκηση είναι ενορχηστρωμένες με τις καύσεις στα μυϊκά κύτταρα και την πρόσληψη οξυγόνου κατά τη μετέπειτα μυϊκή προσπάθεια.

Ακόμα, ο Γαληνός διατύπωσε την αρχή ότι το κοινό χαρακτηριστικό όλων των ασκήσεων είναι ότι αυξάνουν την θερμότητα του οργανισμού (Υγιεινά Β):

«Τὸ μὲν δὴ κοινὸν ἀπάντων γυμνασίων ἐστὶ θερμότητος αὔξησιν ἐξ αὐτῶν τοῖς ζώοις ἐργάζεσθαι».

**ΑΣΚΗΣΗ ΚΑΙ ΓΗΡΑΝΣΗ** Ο Γαληνός με την οξεία του παρατηρητικότητα διαπίστωσε την ευεργετική επίδραση της άσκησης στην τρίτη ηλικία και συνιστούσε την διαβίου άσκηση (Υγιεινά Ε):

«Οἱ γέροντες οὐδὲν ἦττον τῶν νέων δέονται εἰς κίνη-

σιν ἄγειν τὸ σῶμα· οὐδεὶς δ' ἐξ αὐτῶν χρῆζει παντελοῦς ἡσυχίας ὅπως οὐδὲ γυμνασίου σφοδροῦ».

Σύγχρονες τεκμηριωμένες έρευνες δείχνουν ότι η άσκηση δεν γνωρίζει ηλικία. Άνθρωποι που ασκούνται μέχρι τα βαθιά γηρατεία επιμηκύνουν το προσδόκιμο όριο ζωής τους περισσότερο από τους συνομηλικούς τους, που κάνουν καθιστική ζωή. Η άσκηση, με κριτήριο την αερόβια ικανότητα, οδηγεί σ' ένα βιολογικό ξανάνωμα 10 με 15 χρόνια.

**ΜΕΤΡΟΝ ΑΡΙΣΤΟΝ** Ο Γαληνός συνιστούσε την αποφυγή της υπερβολής και τη διατήρηση της συμμετρίας και του μέτρου στη χρήση των ασκήσεων, γινόμενος έτσι πρόδρομος της φυσιολογικής αρχής της επιβάρυνσης και της περιοδικότητας της προπόνησης. Γράφει πως αν το σώμα καταπονήθηκε την προηγούμενη ημέρα περισσότερο, ο ασκούμενος πρέπει να μειώσει το πλήθος των ασκήσεων ενώ αν καταπονήθηκε λιγότερο, να το αυξήσει. Όμοια, αν έκανε πιο γρήγορες κινήσεις, να τις χαλαρώσει, αν όμως έκανε πιο χαλαρές, να τις εντείνει. Κατά τον ίδιο τρόπο εφαρμόζοντας πιο ήπιες ασκήσεις μετά από έντονες, πιο έντονες μετά από ήπιες, και γενικά διορθώνοντας κάθε υπερβολή με την αντίθεσή της διατηρείται ο άνθρωπος υγιής (Υγιεινά Ε):

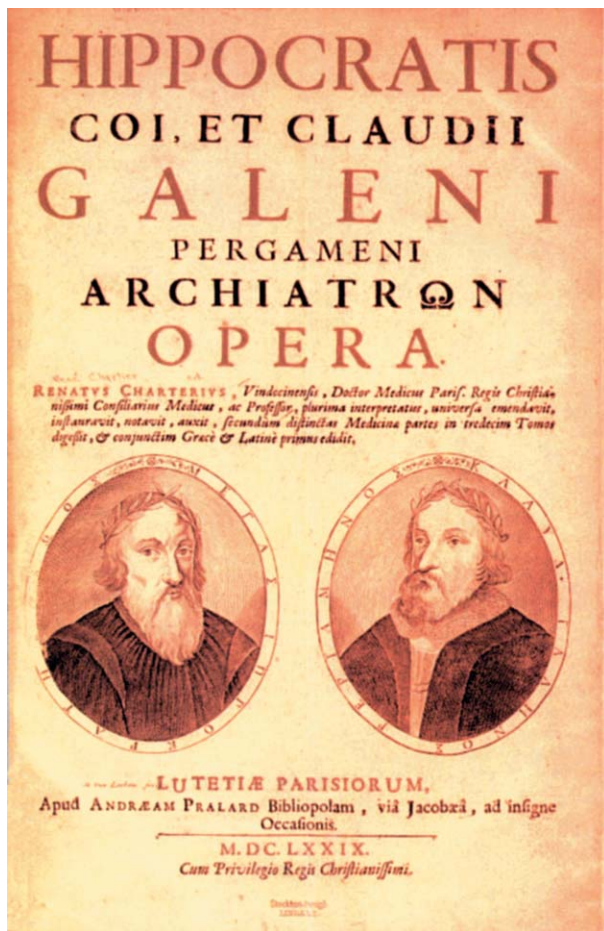
«Ἄπασαν ἀμετρίαν ἐπανορθούμενος διὰ τῆς ἐναντίας ἀμετρίας ὑγιαίνοντα διαφυλάξεις τὸν ἄνθρωπον».

**ΜΥΪΚΟΣ ΚΑΜΑΤΟΣ** Είναι αλήθεια άξιο θαυμασμού πως σε μια εποχή όπου η ιστοχημική σύσταση του μυός ήταν άγνωστη ο Γαληνός διαπίστωνε, με την παρατήρηση μόνο και τη λογική, ότι στις μεγάλες εντάσεις τεντώνονται όλες οι μυϊκές ίνες, χωρίς να κουράζονται όμως όλες το ίδιο (Υγιεινά Γ):

«Συμβαίνει γάρ ἐν ταῖς σφοδροτέροις ἐντάσεσιν ἀπάσας μὲν τῶν μυῶν τείνεσθαι τὰς ἴνας, οὐχ ὁμοίως δὲ ἀπάσας κάμνειν».

Σήμερα γνωρίζουμε από μυοβιοψίες και με τη βοήθεια του ηλεκτρονικού μικροσκοπίου, ότι υπάρχουν στον ανθρώπινο μυ τριών ειδών μυϊκές ίνες: οξειδωτικές ίνες (τύπος Ι) βραδείας συστολής που είναι ακούραστες και αδύνατες, γλυκολυτικές ίνες (τύπος ΙΙβ) ταχείας συστολής που είναι ευκολοκούραστες και δυνατές και οι ενδιάμεσες οξειδογλυκολυτικές ίνες (τύπος ΙΙα). Ακόμα γνωρίζουμε ότι κατά τις έντονες μυϊκές προσπάθειες επιστρατεύονται κυρίως οι γλυκολυτικές ίνες ταχείας συστολής, και λιγότερο οι οξειδωτικές βραδείας συστολής που όντως κουράζονται λιγότερο, επιβελιώνοντας τη δοξασία του Γαληνού.

Οι δοξασίες του Ιπποκράτη και του Γαληνού δέσποσαν και διδάσκονταν στα Πανεπιστήμια της Ευρώπης μέχρι την Αναγέννηση (Εικόνα 5).



Εικόνα 5

Αναγεννησιακή έκδοση (1679) του τιτλοφορείται Ιπποκράτους Κώου και Γαληνού Περγαμηνού αρχιάτρων εργασία. Το έργο των μεγάλων αυτών Ελλήνων ιατροφιλοσόφων δέσποζε στην Ευρώπη για σχεδόν 15 αιώνες και διδασκόταν στα Πανεπιστήμια μέχρι τον 17<sup>ο</sup> αιώνα.

## Πρόδρομες ανακαλύψεις

Οι αντιλήψεις του Γαληνού για τη λειτουργία του ανθρώπινου σώματος και την επίδραση της άσκησης σε αυτό, με ενσωματωμένη την ιπποκρατική σοφία, αποτέλεσαν την ιατρική παράδοση που κυριάρχησε για 15 αιώνες. Οι αλληπάλληλες εξελίξεις της επιστημονικής μεθόδου από και μετά τον 16<sup>ο</sup> αιώνα (Κοπέρνικος, Γαλιλαίος, Καρτέσιος, Νεύτων) που πυροδότησαν την επιστημονική επανάσταση και σηματοδότησαν την ραγδαία ανάπτυξη της σύγχρονης επιστήμης, επηρέασαν και την εξέλιξη της Εργοφυσιολογίας.

Η επιστημονική επανάσταση, σύμφωνα με την περιοδολόγηση της επιστήμης, άρχισε τον 16<sup>ο</sup> αιώνα και αποτέλεσε την αφετηρία τόσο του σύγχρονου κόσμου όσο και της σύγχρονης νοοτροπίας (Butterfield 1949). Επανάσταση σημαίνει την απότομη και θεαματική μεταβολή στο κυρίαρχο και καθιερωμένο σύστημα αντιλήψεων. *Βασικό της χαρακτηριστικό είναι η υπογράμμιση*

*του ανατρεπτικού στοιχείου που ενέχεται στην επιστημονική πρόοδο. Μια επιστημονική επανάσταση ισχυραίνεται με την εγκατάλειψη μιας επιστημονικής δομής και την αντικατάστασή της από μια άλλη δομή που δεν συμβιβάζεται μαζί της. Η νέα δομή που έφερε αυτή η επιστημονική επανάσταση ήταν αρχικά η εδραίωση του μαθηματικού συλλογισμού για την κατανόηση της αισθητής εμπειρίας και μετέπειτα η εμμονή στην πειραματική μέθοδο ως μέσο επαλήθευσης αλλά και δημιουργίας επαγωγικών υποθέσεων.*

Οι πρωτοποριακές έρευνες και ανακαλύψεις του Andreas Vesalius (1514-1564) για τη δομή και λειτουργία του μυοσκελετικού συστήματος, του William Harvey (1578-1657) για τη λειτουργία της καρδιάς και την κυκλοφορία του αίματος, του Giovanni Borelli (1608-1679) για τη μυϊκή δράση των ζώων κατά τη βάρδια, του Robert Boyle (1627-1691) για τον ρόλο της αέριας πίεσης στην αναπνευστική λειτουργία, του Joseph Priestley (1733-1804) και του Antoine Lavoisier (1743-1794) για τη συμμετοχή του οξυγόνου στη ζωική αναπνοή, του Claude Bernard (1813-1878) για το γαστρικό υγρό και το ρόλο του στη διατροφή, του Edward Smith (1818-1874) για τις αναπνευστικές και μεταβολικές αποκρίσεις κατά τη μυϊκή προσπάθεια, άσκησαν μεγάλη επιρροή και αποτέλεσαν μια ριζική ρήξη με τις παλαιότερες πεποιθήσεις για τη λειτουργία του ανθρώπινου σώματος και προετοίμασαν το έδαφος για συστηματικότερες έρευνες στο πεδίο αυτό.

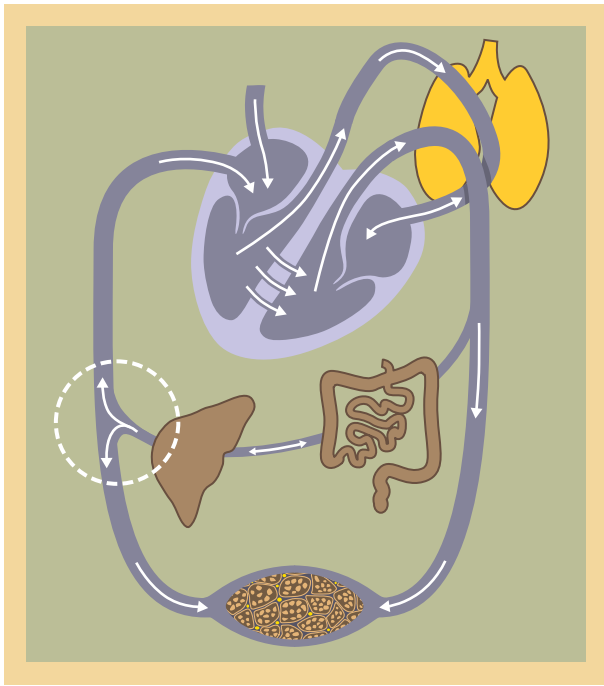
## Η ανακάλυψη του Harvey: Κυκλοφορία του αίματος

Το πιο θεαματικό βήμα προς την επανάσταση της Βιολογίας έγινε από τον William Harvey, ο οποίος το 1628 ανακάλυψε πως λειτουργεί η καρδιά. Έδειξε ότι η ροή του αίματος είναι μονόδρομος από την καρδιά στις αρτηρίες και από τις φλέβες στην καρδιά, ενώ στη συνέχεια διοχετεύεται στους πνεύμονες και αφού διανύσει έναν κύκλο επιστρέφει στην καρδιά. Παραθέτουμε αυτούσιο ένα απόσπασμα από την περιγραφή του επιτεύγματος αυτού (Harvey 1931):

«Αποδείχτηκε με τη λογική και με πειράματα ότι το αίμα ρέει στους πνεύμονες και στην καρδιά με τον παλμό των κοιλιών και διοχετεύεται σε ολόκληρο το σώμα... Αποδείξαμε με τη βοήθεια τομών και απολινώσεων ότι υπάρχει μια στενωπός του αίματος από τις αρτηρίες στις φλέβες... Πρέπει επομένως να συμπεράνουμε ότι το αίμα στο ζωικό σώμα κινείται σ' ένα κύκλο συνεχώς, και ότι η λειτουργία της καρδιάς είναι να πραγματοποιεί την κυκλοφορία με αντίληψη. Αυτή είναι η μόνη αιτία για την κίνηση και τον παλμό της καρδιάς».

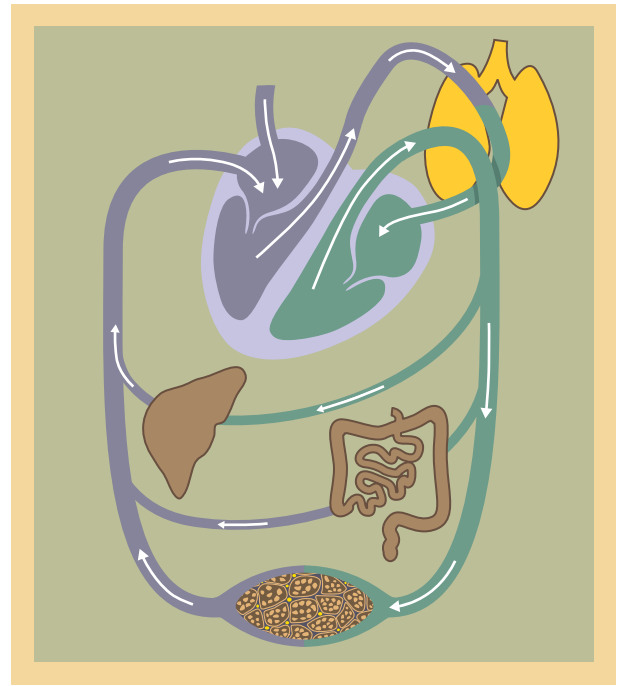
Ο Harvey υπολόγισε ότι σε μια ώρα η καρδιά έστειλε





Εικόνα 6α

Κυκλοφορία του αίματος κατά Γαληνό, ο οποίος πίστευε λανθασμένα ότι το αίμα σχηματίζεται στο συκώτι και ότι η δεξιά καρδιά επικοινωνεί με την αριστερή.



Εικόνα 6β

Σύγχρονη αντίληψη κυκλοφορίας του αίματος, όπως ανακαλύφθηκε από τον William Harvey το 1628. (Βασισμένα στον Λασκαράτο 2003).

περισσότερο αίμα από όσο είναι το βάρος του ανθρωπίνου σώματος. Ήταν αδύνατο να πει κανείς από πού ερχόταν όλο αυτό το αίμα και πού μπορούσε να πηγαίνει, εκτός αν υιοθετούσε την υπόθεση ότι έρρεε μέσα στο σώμα απανωτά, τη μια φορά μετά την άλλη κυκλοφορώντας διαρκώς (Butterfield 1994).

Ακόμα, παρατήρησε ότι η κυκλοφορία του αίματος επηρεάζεται από τη μυϊκή προσπάθεια και ότι η καρδιά είναι μεγαλύτερη και δυνατώτερη σε ανθρώπους με μυώδη, μεσόμορφο σωματότυπο. Αυτές δε, είναι οι πρώτες παρατηρήσεις που έγιναν ποτέ σχετικά με τις ασκησιογενείς αποκρίσεις και προσαρμογές της καρδιάς.

Με τη θεμελίωση της κυκλοφορίας του αίματος, ο Harvey διέψευσε την ορθότητα της Γαληνικής σκέψης, δίνοντας ένα «θανατηφόρο πλήγμα» στο δόγμα περί πνευμάτων και άνοιξε έτσι τον δρόμο για την ανάπτυξη της Φυσιολογίας και κατ' επέκταση της Εργοφυσιολογίας (Εικόνα 6). Παρόλα αυτά, είναι σημαντικό να υπογραμμίσουμε τη σπουδαιότητα της προϋπάρχουσας γνώσης στη γένεση της καινούργιας. Ο Payne (1897) γράφει σχετικά:

«Καμιά γνώση δεν εμφανίζεται από το πουθενά αλλά είναι πάντοτε άρρηκτα δεμένη με κάποια προϋπάρχουσα... Έτσι βλέπουμε πως ο Αριστοτέλης και ο Γαληνός είναι οι πρόδρομοι του Harvey στα πορίσματά του για τη λειτουργία της καρδιάς. Ήταν ο μόχθος αυτών των αρχαίων Ελλήνων στοχαστών που έθεσε το πρόβλημα σε σωστή βάση, για να μπορέσει η μεγαλο-

φυία του Harvey να το λύσει... Το επιμύθιο είναι ότι η σύνδεση του παρελθόντος με το παρόν είναι πολύ πιο ισχυρή απ' ό,τι συνήθως εικάζουμε. Για τετριμμένα και συνηθισμένα πράγματα, μπορούμε ν' αγνοήσουμε αυτή τη σύνδεση. Οχι όμως για σταθερές αξίες».

## Η ανακάλυψη του Lavoisier: Καύση του οξυγόνου

Το επόμενο σημαντικό βήμα μετά την ανακάλυψη της κυκλοφορίας του αίματος, ήταν η ανακάλυψη του Antoine Lavoisier για τον ρόλο του οξυγόνου στις καύσεις και την παραγωγή ενέργειας. Η ανακάλυψη αυτή αποτέλεσε τον προάγγελο του ενεργειακού μεταβολισμού στον άνθρωπο όπως τον γνωρίζουμε σήμερα. Ο Lavoisier θεωρούσε ότι η αναπνοή δεν είναι παρά μια βραδυφλεγής καύση άνθρακα και υδρογόνου, καθόλα παρόμοια με αυτή ενός αναμμένου κεριού και από την άποψη αυτή ζώα που αναπνέουν είναι στην πραγματικότητα καύσιμη ύλη που καίγεται και λειώνει (Lavoisier 1777). Χρειάστηκε όμως να περάσει ένας ακόμα αιώνας για να διαπιστωθεί ότι η καύση δεν γίνεται στα πνευμόνια αλλά στον μυϊκό ιστό και ότι με τη ροή του αίματος μεταφέρεται οξυγόνο και διοξείδιο του άνθρακα.

Ο Lavoisier ήταν ο πρώτος που προσπάθησε να μετρήσει την ανταλλαγή των αναπνευστικών αερίων όχι μόνο κατά την ηρεμία, αλλά και κατά την άσκηση.